

AE

**Armature position detector e.g. for measuring speed of drive actuator of gas shuttle valve of internal combustion engine, has permanent magnet whose surface facing magnetic field detector is concave**

**Patent number:** DE10023654  
**Publication date:** 2001-11-22  
**Inventor:** GRAF WERNER (DE); NAGEL MICHAEL (DE); TRENNER UWE (DE); THIEL WOLFGANG (DE); WALTER STEFFEN (DE); WILCZEK RUDOLF (DE); GRAMANN MATTHIAS (DE)  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G01B7/00; G01D5/20; H01F7/121; F01L3/24; G01B101/10  
- **European:** H01F7/121, F01L9/04  
**Application number:** DE20001023654 20000513  
**Priority number(s):** DE20001023654 20000513

**Abstract of DE10023654**

The detector (1) has a permanent magnet (10) coupled to the armature (20) whose position is to be monitored. The magnet is so as to pass in front of a magnetic field detector (11). The surface of magnet facing the magnetic field detector is made concave, convex or provided with non-ferromagnetic separation layers between its segments.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 23 654 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 100 23 654.5  
㉔ Anmeldetag: 13. 5. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 22. 11. 2001

㉖ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 7/00**  
G 01 D 5/20  
H 01 F 7/121  
F 01 L 3/24  
// G01B 101:10

DE 100 23 654 A 1

㉗ Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉘ Erfinder:  
Graf, Werner, Dipl.-Ing., 90482 Nürnberg, DE;  
Gramann, Matthias, Dipl.-Ing., 91233 Neunkirchen,  
DE; Nagel, Michael, Dipl.-Ing., 90491 Nürnberg, DE;  
Thiel, Wolfgang, 85095 Denkendorf, DE; Trenner,  
Uwe, Dipl.-Ing.(FH), 90478 Nürnberg, DE; Walter,  
Steffen, Dipl.-Ing., 73117 Wangen, DE; Walter,  
Steffen, Dipl.-Ing., 73117 Wangen, DE; Wilczek,  
Rudolf, Dipl.-Ing., 90518 Altdorf, DE

㉙ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	198 43 075 A1
DE	197 06 106 A1
US	54 93 216 A
US	51 24 598
EP	09 07 068 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉚ Positionsdetektor

㉛ Bei einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine wird ein auf das Gaswechselventil wirkender Anker durch Magnetkraft zwischen zwei Elektromagneten gegen die Kraft zweier Federn hin- und herbewegt. Zur Regelung der Geschwindigkeit des Ankers beim Auftreffen des Ankers auf den jeweiligen Elektromagneten ist eine genaue Kenntnis der Ankerposition erforderlich. Üblicherweise wird die Ankerposition mit einem Positionsdetektor erfaßt, der einen Magnetfelddetektor und einen durch die Ankerbewegung am Magnetfelddetektor vorbeibewegbaren Permanentmagneten aufweist. Der neue Positionsdetektor soll in bestimmten Bereichen, insbesondere in den Endlagen oder der Mittellage des Ankers, eine hohe Auflösung aufweisen.

Mit einem Permanentmagneten, der auf seiner dem Magnetfelddetektor zugewandten Seite eine konkave Oberfläche aufweist oder der zeitweilig mit einer zwischen seinen Teilen vorgesehenen nicht-ferromagnetischen Trennschicht ausgebildet ist, erhält man eine hohe Auflösung in den Endlagen des Ankers. Demgegenüber erhält man mit einem Permanentmagneten, der auf seiner dem Magnetfelddetektor zugewandten Seite eine konvexe Oberfläche aufweist, eine hohe Auflösung in der Mittellage des Ankers.

Steuerung von Gaswechselventilen in Brennkraftmaschinen.

DE 100 23 654 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen Positionsdetektor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein derartiger Positionssensor ist beispielsweise aus der DE 198 43 075 A1 bekannt. Der bekannte Positionssensor umfaßt einen als Hallsensor ausgeführten Magnetfelddetektor und einen am Magnetfelddetektor vorbeibewegbaren Permanentmagneten, der mit einem Anker eines elektromagnetischen Aktuators in Wirkverbindung steht. Der Anker ist in dem Aktuator zwischen zwei einander gegenüberliegenden und abwechselnd bestromten Elektromagneten des Aktuators durch die Magnetkraft der Elektromagnete gegen die Kraft zweier Federn hin- und herbewegbar. Die Bewegung des Ankers wird dabei auf ein Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine übertragen.

[0003] Beim Betrieb des Aktuators ist es erforderlich, die Auftreffgeschwindigkeit des Ankers beim Auftreffen auf den jeweiligen Elektromagneten auf einen geringen Wert zu regeln, da eine zu hohe Auftreffgeschwindigkeit zu hohen Abnutzungserscheinungen, Ausfallerscheinungen sowie unerwünschten Geräuscentwicklungen führen kann. Die Regelung erfolgt dabei durch Steuerung der durch die Elektromagnete fließenden Ströme in Abhängigkeit der mit dem Positionssensor erfaßten tatsächlichen Position des Ankers. Eine exakte Erfassung der Ankerposition ist daher von wesentlicher Bedeutung. Der wesentliche Nachteil des vorbekannten Aktuators liegt in der geringen Auflösung des Positionsdetektors.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Positionsdetektor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, der für bestimmte Bereiche der Ankerpositionen eine hohe Auflösung aufweist.

[0005] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0006] Erfindungsgemäß ist der Permanentmagnet auf seiner dem Magnetfelddetektor zugekehrten Seite konkav ausgebildet oder zweiteilig mit einer zwischen seinen Teilen vorgesehenen nicht-ferromagnetischen Trennschicht ausgebildet. Der Positionsdetektor weist in diesem Fall im Bereich der Endlagen des Ankers eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Änderungen der Ankerposition auf, was eine hohe Auflösung zur Folge hat. Alternativ kann der Permanentmagnet auf seiner dem Magnetfelddetektor zugekehrten Seite konvex ausgebildet sein. Der Positionssensor weist dann im Bereich der Mittellage des Ankers eine hohe Auflösung auf. Eine hohe Auflösung in den Endlagen des Ankers ist dabei vorteilhaft, wenn für die Regelung des Bewegungsverlaufs des Ankers die genaue Kenntnis der Ankerposition in den Endlagen erforderlich ist, eine hohe Auflösung in der Mittellage des Ankers ist hingegen vorteilhaft, wenn die genaue Kenntnis der maximalen Geschwindigkeit oder kinetischen Energie des Ankers erforderlich ist.

[0007] Der Permanentmagnet ist vorteilhafterweise derart magnetisiert, daß er eine parallel zur Bewegungsrichtung des Ankers verlaufende magnetische Achse – darunter versteht man die Verbindungsschse zwischen Nord- und Südpol des Permanentmagneten – aufweist.

[0008] Vorzugsweise ist der Permanentmagnet ringförmig ausgebildet und mit einem mit dem Anker gekoppelten Stößel verbunden. Der Magnetfelddetektor ist vorzugsweise als Hallsensor ausgebildet.

[0009] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

[0010] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines elektromagnetischen Aktuators zur Betätigung eines Gaswechselventils

mit einem Positionsdetektor,

[0011] Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel des Positionsdetektors aus Fig. 1,

[0012] Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel des Positionsdetektors aus Fig. 1,

[0013] Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel des Positionsdetektors aus Fig. 1,

[0014] Fig. 5 eine Darstellung von mit den Positionsdetektoren aus Fig. 2 bis 4 erfaßten Detektorsignalen.

[0015] Gemäß Fig. 1 umfaßt der elektromagnetische Aktuator 2 einen Positionsdetektor 1 zur Ermittlung Position eines Ankers 20, der zwischen einem als Öffnermagnet 21 wirkenden Elektromagneten und einem diesem gegenüberliegend angeordneten, als Schließermagnet 22 wirkenden, weiteren Elektromagneten durch die Magnetkraft der abwechselnd bestromten Elektromagnete 21, 22 hin- und herbewegbar ist. Der Positionsdetektor 1 weist einen rotations-symmetrischen Permanentmagneten 10 als Magnetfeldgeber sowie einen bezüglich dem Aktuator 2 feststehenden Magnetfelddetektor 11 auf, der als analoger Hallsensor ausgebildet ist. Der Anker 20 ist mit einem Stößel 23 verbunden, der in einer Durchführung des Öffnermagneten 21 gelagert ist und über diese Durchführung auf ein in der Figur nicht gezeigtes Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine wirkt, auf welches die Bewegung des Ankers 20 übertragen wird. Der Stößel 23 ist ferner in einer Durchführung des Schließermagneten 22 gelagert und überträgt über diese die auf den Anker 20 einwirkenden Kräfte auf eine Aktorfeder 24, welche auf einem am Stößel 23 vorgesehenen Autorfederteller 25 aufliegt.

[0016] Der Aktuator 2 bildet mit dem Gaswechselventil eine funktionelle Einheit, wobei das Gaswechselventil, entsprechend einem konventionellen Zylinderkopf mit Nockenwellen, mittels einer Ventilsfeder und einem Ventilsfederteller in den Ventilsitz des Zylinderkopfes gedrückt wird. Ist die funktionelle Einheit aus Aktuator 2 und Gaswechselventil an der Brennkraftmaschine montiert, werden der Ventilschaft des Gaswechselventils und der Stößel 23 gegeneinander gepreßt. Bei unbestromten Elektromagneten 21, 22 befindet sich der Anker 20 in einer Ruhelage etwa in der Mitte zwischen den Elektromagneten 21, 22, wobei die Ventilsfeder und die Aktorfeder 24 vorgespannt sind.

[0017] Die Aktorfeder 24 befindet sich in einer radialsymmetrisch um die Durchführung des Schließermagneten 22 ausgebildeten Vertiefung des Schließermagneten 22, die auf der Innenseite ein Gewinde aufweist, in das ein Schraubdeckel 26 eingeschraubt ist. Mittels des Schraubdeckels 26 läßt sich die Vorspannung der Aktorfeder 24 verändern und somit die Ruhelage des Ankers 20 einstellen.

[0018] Der Schraubdeckel 26 weist in der Mitte eine zentrische Aussparung auf, in die eine metallische Hülse 27 eingeschraubt ist, die als magnetische Abschirmung für den auf der Innenseite der Hülse 27 befestigten Magnetfelddetektor 11 wirkt. Die Position des Magnetfelddetektors 11 ist dabei durch Ein- oder Ausschrauben der Hülse 27 justierbar. Der Permanentmagnet 10 ist ringförmig ausgebildet. Er ist als kunststoffgebundenes Teil durch ein Spritzgußverfahren am Stößel 23 an dessen schließermagnetseitigem Ende derart angebracht, daß seine magnetische Achse in Richtung der Stößelachse verläuft und daß er durch die Bewegung des Ankers 20 an dem relativ zum Aktuator 2 feststehenden Magnetfelddetektor 11 vorbeibewegt wird. Der Magnetfelddetektor 11 detektiert das Magnetfeld des Permanentmagneten 10 und erzeugt ein Detektorsignal, das aufgrund der aus der Bewegung des Permanentmagneten 11 resultierenden Änderung des Magnetfeldes ein Maß der Ankerposition ist. Somit ist durch die Erfassung des Magnetfeldes eine berührungslose Ermittlung der Ankerposition möglich.

[0019] Der Permanentmagnet 10 ist in seiner Höhe vorteilhafterweise größer als der Hubweg des Ankers 20, mindestens jedoch gleich dem Hubweg. Beispielsweise beträgt die Höhe des Permanentmagneten 10 12 mm und der Hubweg des Ankers 20, d. h. der vom Anker 20 maximal durchlaufene Weg, rund 8 mm. Durch die Wölbung der dem Magnetfelddetektor 11 zugekehrten Seite des Permanentmagneten 10, d. h. der Mantelfläche des Permanentmagneten 10 läßt sich die Steilheit des Detektorsignalverlaufs für bestimmte Ankerpositionen erhöhen, was eine Erhöhung der Auflösung des Positionsdetektors 1 für diese Bereiche bedeutet.

[0020] Die Mantelfläche des Permanentmagneten 10 kann, wie in Fig. 2 gezeigt, konkav ausgeführt sein, d. h. nach Innen gewölbt sein, sie kann aber auch, wie in Fig. 3 gezeigt, konvex ausgeführt sein, also tonnenförmig nach Außen gewölbt sein. Der Permanentmagnet 10 kann aber auch, wie in Fig. 4 gezeigt, zweiteilig ausgeführt sein, wobei seine Teile 10a, 10b in gleicher Richtung magnetisiert sind und zwischen diesen Teilen 10a, 10b eine quer zur Bewegungsrichtung verlaufende Trennschicht 10c aus nicht-ferromagnetischem Material vorgesehen ist.

[0021] Durch die Ausgestaltung des Permanentmagneten 10 wird, wie aus Fig. 5 ersichtlich, die Steilheit des von der Ankerposition 1 abhängigen Verlaufs des Detektorsignals  $s(l)$  vorgegeben. Mit 11 und 12 werden dabei die Endlagen des Ankers 20 bezeichnet, d. h. die Ankerpositionen bei am Öffnermagnet 21 bzw. Schließermagnet 22 anliegendem Anker 20. Die mit s1 bezeichnete Kurve zeigt den Verlauf des Detektorsignals  $s(l)$ , den man mit einem herkömmlichen zylinderförmigen Permanentmagneten 10 erhält, demgegenüber erhält man mit einem Positionsdetektor 1 gemäß Fig. 2 einen der Kurve s2 entsprechenden Detektorsignalverlauf  $s(l)$ , mit einem Positionsdetektor 1 gemäß Fig. 3 einen der Kurve s3 entsprechenden Detektorsignalverlauf  $s(l)$  und mit einem Positionsdetektor 1 gemäß Fig. 4 einen der Kurve s4 entsprechenden Detektorsignalverlauf  $s(l)$ . Die Kurven s2 und s4 weisen in den Endlagen 11, 12 des Ankers 20 eine höhere Steilheit als die Kurve s1 auf, während die Kurve s3 in der Mittellage 10 des Ankers 20 eine höhere Steilheit als die Kurve s1 aufweist. Mit zunehmender Wölbung der Mantelfläche des Permanentmagneten 10 oder der Dicke der Trennschicht 10c steigt die Krümmung der jeweiligen Kurve s2 bzw. s3 bzw. s4.

[0022] Je nach verwendetem Regelverfahren kann es wichtig sein, eine hohe Auflösung des Detektorsignals  $s(l)$  in den Endlagen 11, 12 oder in der Mittellage 10 zu erhalten. Demnach empfiehlt sich im ersten Fall die Verwendung eines Positionsdetektors gemäß Fig. 2 oder 4 und im zweiten Fall die Verwendung eines Positionsdetektors gemäß Fig. 3. Denkbar ist auch die Verwendung von zwei oder mehreren am Stößel 23 hintereinander angeordneten unterschiedlichen Positionsdetektoren 1 der anhand der Fig. 2 bis 4 beschriebenen Art und die positionsabhängige Auswertung der von diesen Positionsdetektoren erzeugten Detektorsignale. Denkbar ist ferner auch ein zweiteiliger Permanentmagnet 10 gemäß Fig. 4 mit einer konkaven oder konvexen Mantelfläche.

(10) vorbeibewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Magnetfelddetektor (11) zugekehrte Seite des Permanentmagneten (10) konkav oder konvex ausgebildet ist oder daß der Permanentmagnet (10) zweiteilig mit einer nicht-ferromagnetischen Trennschicht (10c) zwischen seinen Teilen (10a, 10b) ausgebildet ist.

2. Positionsdetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (10) eine parallel zur Bewegungsrichtung des Ankers verlaufende magnetische Achse aufweist.

3. Positionsdetektor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (10) ringförmig ausgebildet ist und mit einem mit dem Anker gekoppelten Stößel (23) verbunden ist.

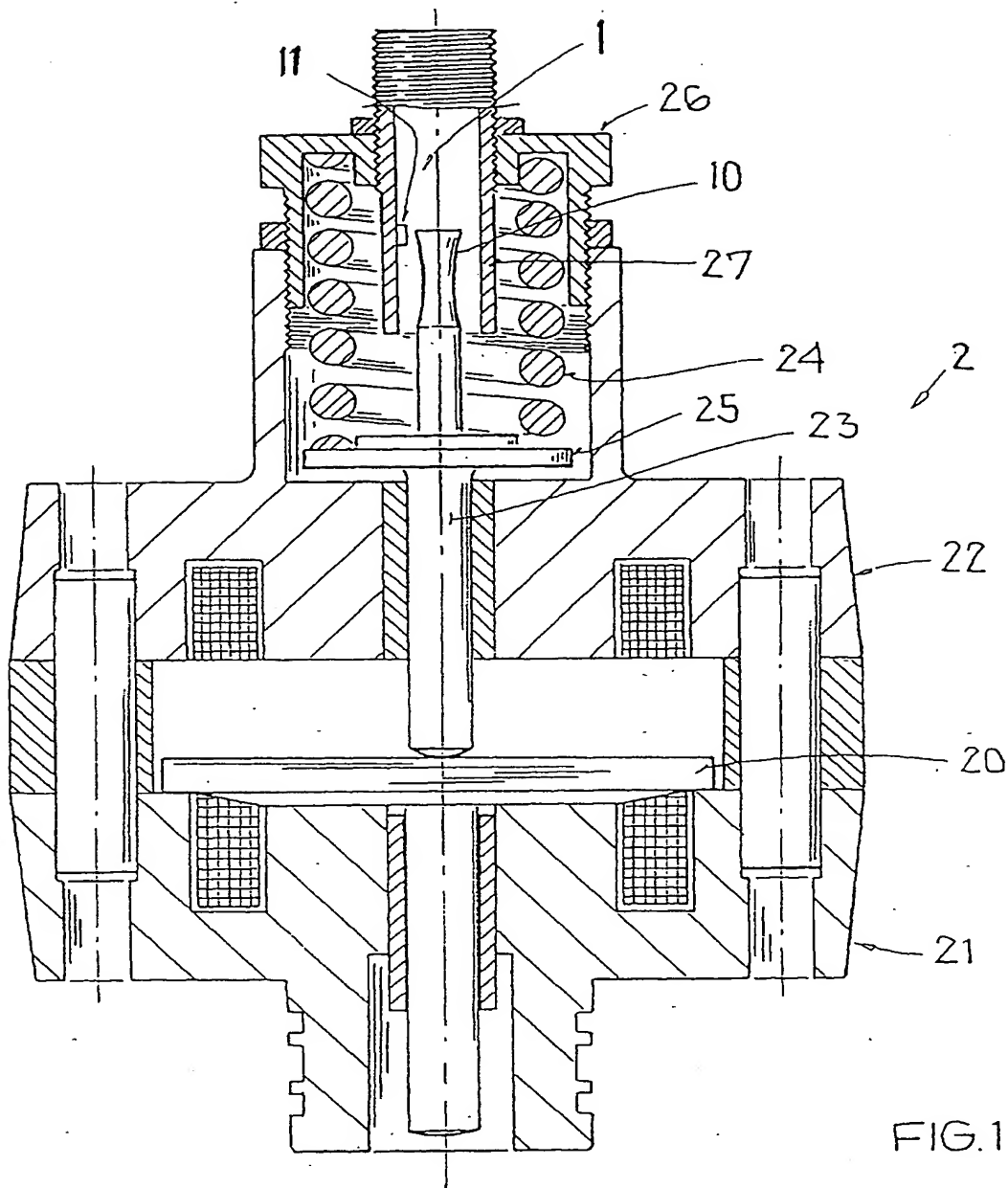
4. Positionsdetektor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnetfelddetektor (11) als Hallsensor ausgebildet ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

1. Positionsdetektor (1) zur Erfassung der Position ( $s(l)$ ) eines in einem elektromagnetischen Aktuator (2) zwischen zwei Elektromagneten (21, 22) hin- und herbewegbaren Ankers (20), mit einem mit dem Anker (20) mitbewegbaren Permanentmagneten (10) und einem bezüglich des Aktuators (2) feststehenden Magnetfelddetektor (11), an dem der Permanentmagnet



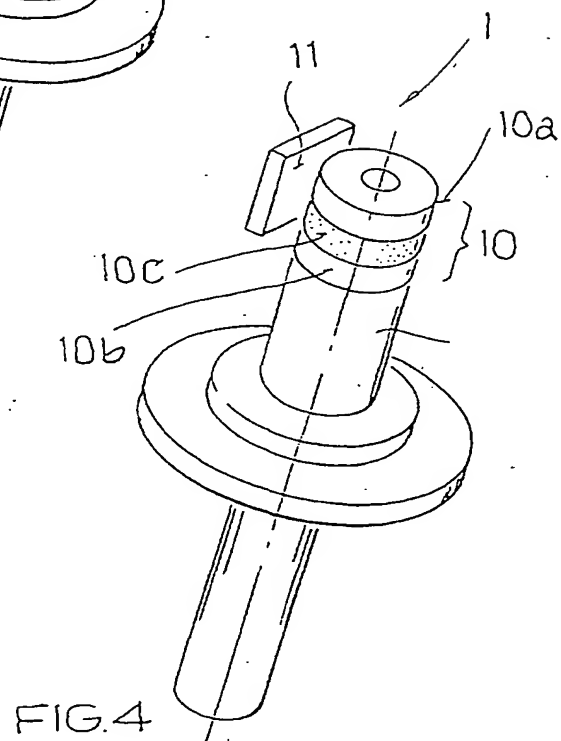
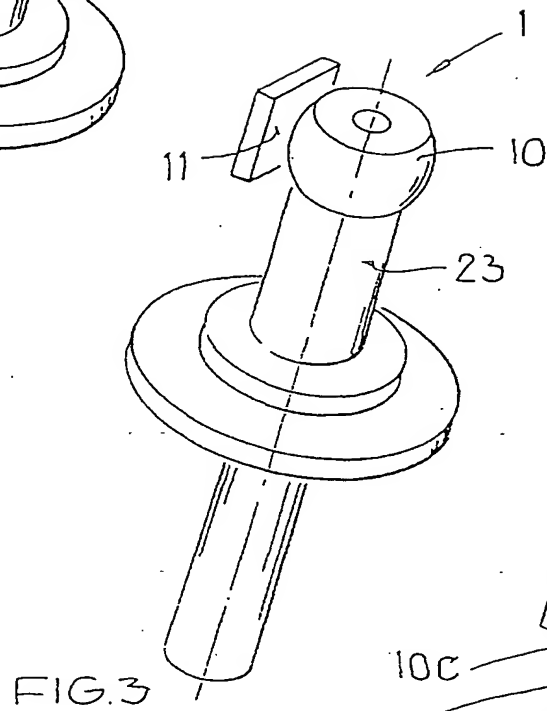
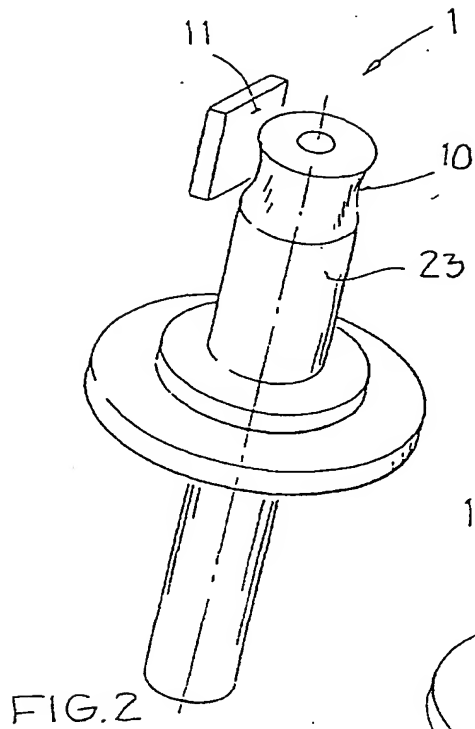


FIG. 5

